

## **ANALISA FAKTOR *COST OVERRUNS* DENGAN METODE *INTERPRETIVE STRUCTURAL MODELING* PADA PROYEK KONSTRUKSI DI INDONESIA**

Calvin Limantoro<sup>1</sup>, Andi<sup>2</sup> dan Jani Rahardjo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

<sup>2</sup> Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra, Surabaya

<sup>1</sup> b21200004@john.petra.ac.id., <sup>2</sup> andi@peter.petra.ac.id, <sup>3</sup> jani@petra.ac.id

**ABSTRAK:** Dalam industri konstruksi, pembengkakan biaya (*cost overruns*) merupakan permasalahan yang umum terjadi. Permasalahan *cost overruns* menjadi salah satu penyebab utama dari permasalahan proyek. Oleh karena itu, permasalahan *cost overruns* sangat perlu untuk diperhatikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor paling dominan yang menyebabkan *cost overruns* pada proyek konstruksi di Indonesia dan hubungan antar faktor-faktor penyebab pembengkakan biaya. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis interaksi antar berbagai faktor pada penelitian ini adalah metode *Interpretive Structural Modeling* (ISM). ISM merupakan metode yang dapat menggambarkan struktur sistem yang kompleks melalui grafik maupun kata-kata. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan penyebaran kuesioner yang memuat lima belas faktor yang menjadi penyebab *cost overruns*. Responden pada penelitian ini berjumlah delapan orang ahli yang telah berpengalaman pada bidang proyek konstruksi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa akar masalah yang paling utama dari *cost overruns* pada proyek konstruksi adalah keterbatasan sumber daya manusia.

Kata kunci: *cost overruns*, *interpretive structural modeling*, *proyek konstruksi*

**ABSTRACT:** *Cost overruns are a common problem in the construction industry. Cost overruns are one of the main keys to the project failure. Therefore, the problem of cost overruns really needs to be considered. This study aims to determine the most dominant factors that cause cost overruns in the construction projects in Indonesia and the relationship between those factors. The Interpretive Structural Method (ISM) method is used to identify and analyze the interactions between various factors. ISM is a method that can describe the structure of a complex system through both graphics and words. This study uses a survey method and questionnaires that cover the fifteen factors that cause cost overruns. The respondents in this study consist of eight experts who have long experience in the construction project. The results of the study show that the biggest main problem that causes cost overruns in the construction projects is limited human resources.*

Keywords: *cost overruns*, *interpretive structural modeling*, *construction project*

## 1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan salah satu roda penggerak perekonomian yang memiliki dampak besar pada suatu negara. Gencarnya pembangunan suatu negara mencerminkan kemajuan serta kesejahteraan pada negara tersebut. Memiliki industri konstruksi yang stabil dan berkembang secara berkelanjutan merupakan suatu hal yang penting (Enshassi & Ayyash, 2014; Rahman et al., 2013), yang mendukung pertumbuhan dan pemulihan ekonomi, dan dampak baik lainnya pada perekonomian yang lebih luas (Durdyev dan Ismail, 2012b).

Dalam industri konstruksi, pembengkakan biaya merupakan permasalahan yang umum terjadi. Hal yang dapat dilakukan untuk menghindari pembengkakan biaya tersebut adalah dengan melakukan pengawasan intens pada kinerja pekerja proyek di proyek konstruksi maupun pembiayaan proyek secara keseluruhan. Hal ini merupakan permasalahan yang perlu mendapat perhatian khusus, karena jarang ada proyek yang diselesaikan sesuai anggaran (Azis et al., 2012). Seiring dengan berjalannya waktu, kualitas dan biaya proyek dianggap sebagai aspek yang paling penting dalam siklus manajemen konstruksi dan merupakan salah satu kunci utama dalam meraih kesuksesan suatu proyek (Durdyev et al., 2012; Rahman, et al., 2013)..

Cara mengatasi pembengkakan biaya pada suatu proyek konstruksi adalah dengan menganalisa faktor-faktor penyebab pembengkakan biaya tersebut serta melakukan suatu mitigasi atau pencegahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi biaya suatu proyek bersifat kualitatif, seperti pentingnya klien pada waktu konstruksi, perencanaan sesuai kemampuan kontraktor, metode yang diterapkan pada proyek konstruksi, dan juga kondisi pasar (Elchaig et al., 2005). Untuk mencari jalan keluar dari permasalahan pembengkakan biaya ini, maka diperlukan suatu analisis mendalam guna mengidentifikasi dan menganalisis interaksi antar berbagai faktor yang menyebabkan pembengkakan biaya proyek konstruksi. Minimnya pembengkakan biaya dapat memajukan industri konstruksi yang akan berpengaruh bagi peningkatan perekonomian pada suatu negara.

Dalam menganalisis faktor-faktor penyebab beserta keterkaitan hubungan antar faktor-faktor penyebab pembengkakan biaya tersebut, maka diperlukan suatu metode yang dapat mewadahnya. Dalam studi ini, metode *Interpretive Structural Modeling* (ISM) akan digunakan sebagai metode untuk mengidentifikasi dan menganalisis interaksi antar berbagai faktor yang menyebabkan pembengkakan biaya proyek konstruksi.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Proyek Konstruksi

Proyek Konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan guna mencapai tujuan tertentu dalam batasan biaya, mutu dan waktu tertentu. Proses tersebut melibatkan suatu organisasi yang saling berkoordinasi dari berbagai sumber daya seperti tenaga kerja, peralatan konstruksi, material tetap maupun sementara, suplai dan fasilitas, dana, teknologi, metode serta ketepatan waktu untuk menyelesaikan proyek, sesuai anggaran, sesuai dengan standar kualitas dan kinerja yang dispesifikasikan oleh perencana proyek (Barie et al., 1995).

Proyek konstruksi terdiri dari proyek konstruksi bangunan perumahan, gedung, industri, dan infrastruktur.

## **2.2 Cost Overruns**

Pembengkakan biaya (*cost overruns*) didefinisikan sebagai selisih antara biaya proyek akhir dengan biaya yang disepakati dalam kontrak proyek, di mana biaya aktual melebihi anggaran awal (Shehu, Endut, & Akintoye, 2014). Pembengkakan biaya proyek merupakan permasalahan yang perlu mendapat perhatian khusus, karena jarang ada proyek konstruksi yang diselesaikan sesuai dengan anggaran yang telah direncanakan sebelumnya (Azis et al., 2012). Pembengkakan biaya proyek ini menunjukkan adanya kondisi keuangan yang tidak sehat pada suatu proyek konstruksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi biaya proyek konstruksi bersifat kualitatif seperti tuntutan klien pada tenggat waktu penyelesaian proyek konstruksi, perencanaan desain yang sesuai kemampuan kontraktor, metode pelaksanaan yang diterapkan di proyek konstruksi, dan kondisi pasar (Elchaig et al., 2005).

## **2.3 Faktor-Faktor Penyebab Cost Overruns**

Dari berbagai faktor penyebab pembengkakan biaya yang sudah dipelajari, peneliti mengambil lima belas faktor utama yang menjadi dasar penelitian *cost overruns* dengan metode *Interpretive Structural Modeling* dari penelitian terdahulu. Pemilihan faktor didasarkan pada faktor paling berpengaruh pada lima belas penelitian terdahulu. Masing-masing sumber dan penjelasan faktor dijelaskan pada poin-poin dibawah ini :

### **2.3.1. Perencanaan dan Estimasi Pekerjaan yang Buruk (F1) (Morris, 1990)**

Sebelum melakukan suatu aktivitas di proyek konstruksi, perlu dilakukan perencanaan yang matang dari berbagai aspek mulai dari metode pelaksanaan, penjadwalan, hingga perencanaan pembiayaan agar suatu proyek dapat berjalan lancar dan minim kesalahan. Perencanaan merupakan tahapan terpenting untuk melakukan estimasi pekerjaan yang akan dijalankan di kemudian hari (Zwikael, 2009).

### **2.3.2. Perubahan Desain Pekerjaan (F2) (Jackson, 2002)**

Perubahan rencana pada desain suatu proyek berimbas pada kelangsungan suatu pekerjaan di proyek konstruksi. Bila pergantian tersebut dilakukan secara mendadak tanpa mempedulikan suatu keadaan proyek konstruksi, hal tersebut akan menimbulkan suatu pembengkakan biaya akibat bertambahnya cakupan pekerjaan yang harus dilakukan (Wu et al., 2005).

### **2.3.3. Harga Material yang Berubah-ubah (F3) (Frimpong et al., 2003)**

Tidak stabilnya harga dari material-material bangunansangat mempengaruhi pengeluaran atau *cash flow* pada suatu proyek konstruksi. Hal ini berpotensi menyebabkan terjadinya suatu pembengkakan biaya yang disebabkan karena biaya pembelian material tidak sesuai dengan estimasi pengeluaran awal (Sharifi & Bagherpour, 2016).

#### **2.3.4. Pengelolaan dan Kondisi Keuangan yang Buruk (F4) (Elinwa & Buba, 1994)**

Segala pengeluaran dana di suatu proyek diharapkan untuk memenuhi keperluan pekerjaan di proyek konstruksi sehingga uang yang dikeluarkan akan efisien dan dapat mempercepat suatu progres pekerjaan di proyek konstruksi. Kondisi keuangan yang buruk pada proyek akan mempengaruhi perputaran uang, di mana hal tersebut dapat menghambat pengeluaran dan akan menimbulkan pembengkakan biaya karena faktor yang saling berkaitan (Barnes, 1988).

#### **2.3.5. Keterlambatan Pekerjaan yang Tidak Sesuai Rencana Jadwal (F5) (Bubshait & Al Juwairah, 2002)**

Terlambatnya suatu progres pekerjaan di proyek konstruksi akan mempengaruhi penjadwalan proyek dan berakibat pada kurangnya bobot suatu progres pekerjaan. Hal ini memaksa manajemen untuk mengeluarkan tenaga dan biaya lebih banyak agar proyek tidak terlambat di mana hal tersebut juga memaksa manajemen untuk mengeluarkan dana lebih (Owolabi, 2014).

#### **2.3.6. Keterbatasan Sumber Daya Manusia (F6) (Aziz, 2012)**

Memiliki pekerja yang berpengalaman dapat mempengaruhi suatu efektivitas pekerjaan, di mana suatu pekerjaan dapat dilakukan lebih cepat karena pekerja sudah memiliki pengalaman di bidang tersebut. Pada realitanya, tidak semua daerah memiliki sumber daya manusia yang sama secara kualitas pekerjaan. Hal tersebut yang mengakibatkan sering terjadi kesalahan pekerjaan di proyek konstruksi (Ahmed et al., 2018).

#### **2.3.7. Manajemen Kontraktor yang Buruk (F7) (Memon et al., 2014)**

Manajemen proyek sangat berpengaruh bagi kelangsungan dan kesuksesan suatu proyek konstruksi. Buruknya manajemen di suatu proyek akan mempengaruhi buruknya strategi penjadwalan, pengaturan pekerja, dan pengaturan keuangan pada pembiayaan proyek tersebut (Kaliba et al., 2009).

#### **2.3.8. Adanya Praktik Kecurangan pada Internal Perusahaan (F8) (Omeregje & Radford, 2006)**

Praktik kecurangan pada internal perusahaan merupakan masalah yang besar bagi suatu perusahaan. Praktik kecurangan tersebut dapat dengan fatal merugikan pihak perusahaan karena adanya korupsi atau monopoli demi keuntungan pribadi pekerja yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya (Kenny, 2009).

#### **2.3.9 Perencanaan Tidak Sesuai dengan Implementasi di Proyek konstruksi (F9) (Le-Hoi et al., 2008)**

Perencanaan yang matang tidak selalu berjalan dengan baik. Perencanaan yang tidak dapat diimplementasikan di proyek konstruksi akan menyebabkan pembengkakan biaya karena metode yang hendak dipakai tidak sesuai dengan perencanaan dan strategi pekerjaan awal. Perubahan tersebut dapat mempengaruhi suatu desain dan menambah pengeluaran tak terduga untuk material yang menyebabkan pembengkakan biaya (Kaliba et al., 2009).

### **2.3.10. Pengadaan Material yang Buruk (F10) (Creedy, 2005)**

Dalam pelaksanaan suatu proyek, diharapkan material dapat siap di proyek konstruksi secara cukup dan tidak berlebih. Keterlambatan suatu material akan mempengaruhi efektivitas pekerjaan di proyek konstruksi yang mengakibatkan berkurangnya efektivitas pada pendanaan pekerja. Sebaliknya, kelebihan material juga mengurangi ruang gerak suatu pekerjaan yang dapat menyebabkan pekerja sulit sekali dalam beraktivitas dan menyebabkan penurunan efektivitas pekerjaan yang menyebabkan pembengkakan biaya (Kaming et al., 1997).

### **2.3.11. Kontraktor yang Kurang Berpengalaman (F11) (Enshassi et al., 2009)**

Kontraktor yang kurang berpengalaman pada suatu lingkup pekerjaan dapat dengan mudah melakukan kesalahan pekerjaan yang akan menyebabkan pembengkakan biaya (El-sayegh, 2021).

### **2.3.12. Kontrak yang Tidak Menguntungkan Kontraktor (F12) (Durdyev et al, 2012)**

Suatu kontrak yang tidak menguntungkan dapat menimbulkan banyak sekali permasalahan. Dokumen kontrak yang tidak lengkap dapat menyebabkan miskomunikasi penyampaian isi kontrak dengan pihak pelaksana yang bekerja di proyek konstruksi. Hal tersebut dapat menyebabkan kesalahan pekerjaan sehingga akan menimbulkan pembengkakan biaya (Azis et al., 2012).

### **2.3.13. Pengawasan Proyek konstruksi yang Buruk (F13) (Olawale et al., 2010)**

Pengawasan pekerjaan pada proyek konstruksi perlu dilakukan agar proyek dapat terus berjalan pada jalur yang sesuai rencana. Diharapkan dengan adanya pengawasan, akan mengurangi risiko terjadinya kesalahan pengerjaan di proyek konstruksi (Ahbab & Celik, 2012).

### **2.3.14. Perubahan Cuaca yang Tidak Menentu (F14) (Kasimu, 2012)**

Pekerjaan di proyek konstruksi dapat mengalami *delay* yang disebabkan karena perubahan cuaca yang tidak menentu. Pada umumnya tiap daerah memiliki kondisi cuaca maupun iklim yang berbeda-beda. Dampak cuaca yang tidak menentu terhadap pembengkakan biaya adalah *delay* yang menyebabkan penambahan durasi pekerjaan yang menambah biaya pekerjaan (Karunakaran, 2018).

### **2.3.15. Kualitas Pekerjaan yang Buruk (F15) (Ameh et al., 2010)**

Hasil dari suatu pekerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi rencana harus dikerjakan ulang atau dibetulkan agar kualitas pekerjaan tersebut sesuai dengan spesifikasi di kontrak awal. Pekerjaan yang berulang tersebut akan menjadi masalah yang dapat menyebabkan suatu pembengkakan biaya pada proyek konstruksi (Kamaruddeen et al., 2020).

## 2.4. Metode *Interpretive Structural Modeling (ISM)*

Metode ISM pertama kali dikembangkan untuk mengidentifikasi keterkaitan antar elemen penyusun struktur suatu sistem. ISM merupakan metode yang dapat menggambarkan struktur sistem yang kompleks melalui grafik maupun kata-kata. Metode ini dapat membantu untuk menyederhanakan suatu permasalahan atau hubungan yang kompleks antar elemen dalam sistem, sehingga akan didapatkan susunan tindakan apa saja yang dapat diambil untuk memecahkan masalah tersebut (Warfield, 1974; 1979). Metode ISM dapat digunakan untuk mengembangkan hubungan dan menentukan hierarki di antara berbagai faktor berdasarkan opini ahli atau pakar yang mayoritas diperoleh secara subjektif (Jamil, 2016). Tenaga ahli yang profesional sangat diperlukan sebagai kunci dalam memberikan pernyataan dan tanggapan terkait tahap perencanaan dan pelaksanaan konstruksi proyek. Setelah itu, tanggapan dari ahli mengenai keterkaitan antara faktor penyebab pembengkakan biaya proyek tersebut dicatat sebagai masukan sekaligus pedoman sementara.

Dalam penelitian ini, metode ISM digunakan untuk membangun struktur hierarki yang memodelkan hubungan antar sub-faktor pembengkakan biaya proyek konstruksi bangunan. Hubungan antar sub-faktor yang berpengaruh secara signifikan tersebut akan dieksplorasi melalui kuesioner perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dengan melibatkan beberapa ahli atau pakar yang mempunyai pengalaman praktis dalam bidang konstruksi.

Kuesioner perbandingan berpasangan yang dibagikan ke para ahli dirancang dengan metode DEMATEL. Metode DEMATEL atau *Decision-making trial and evaluation laboratory* adalah metode yang digunakan untuk menentukan keterkaitan yang terjadi antar kriteria evaluasi kinerja supplier (Gulo, 2021). Integrasi Metode DEMATEL dan ISM diperkenalkan oleh Zhou et al (2006) dan telah banyak digunakan dalam berbagai area penelitian. Berikut ini adalah langkah-langkah integrasi DEMATEL-ISM (Pangestu & Ester, 2022) :

**Tahap 1 :** Menyusun dan menyebarkan kuesioner perbandingan berpasangan.

Sub-faktor yang menjadi faktor penelitian disusun dalam suatu matriks untuk mengidentifikasi hubungan antara faktor baris ( $f_i$ ) dan faktor kolom ( $f_j$ ). Hubungan antara  $f_i$  dan  $f_j$  diidentifikasi melalui kuesioner yang menggunakan 5 skala penilaian, yaitu 0, 1, 2, 3, dan 4. Angka 0 bermakna  $i$  tidak mempengaruhi  $j$ . Angka 1 bermakna  $i$  memiliki pengaruh lemah terhadap  $j$ . Angka 2 bermakna  $i$  memiliki berpengaruh sedang terhadap  $j$ . Angka 3 bermakna  $i$  memiliki pengaruh kuat terhadap  $j$ . Angka 4 bermakna  $i$  memiliki pengaruh sangat kuat terhadap  $j$ .

**Tahap 2 :** Menghitung *Initial Direct-Relation Matrix (IRM) (X)*.

Matriks  $X = [x_{ij}]_{n \times n}$  merupakan matriks yang diperoleh dengan menghitung rata-rata nilai jawaban responden. Matriks  $X$  menjelaskan pengaruh antar faktor yang berpasangan. Di mana nilai elemen  $x_{ij}$  menyatakan seberapa besar elemen  $f_i$  mempengaruhi elemen  $f_j$ .

**Tahap 3 :** *Normalized Direct-relation Matrix*  $G = [g_{ij}]_{n \times n}$  dengan  $0 \leq g_{ij} \leq 1$  diperoleh dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$G = \frac{1}{\sum_{j=1}^n a_{ij}} X, \quad i, j = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

**Tahap 4 :** Menghitung *Total-Relation Matrix (T)*.

*Total-Relation Matrix (T)* dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$T = G + G^2 + \dots + G^n = G(I - G)^{-1} \quad (2.2)$$

**Tahap 5 :** Konversi *Total-Relation Matrix* (T) menjadi *Initial Reachability Matrix* (K).

Elemen  $f_i$  dianggap mempengaruhi elemen  $f_j$  apabila  $t_{ij}$  lebih besar dari *threshold value*. *Threshold value* ( $\alpha$ ) adalah nilai rata-rata dari  $t_{ij}$  dalam *Total-Relation Matrix*. *Initial Reachability Matrix* (K) digunakan untuk menunjukkan hubungan dari elemen  $f_i$  ke elemen  $f_j$  yang dinyatakan dalam bilangan biner 0 atau 1.

**Tahap 6 :** Pengecekan transitivitas dan menetapkan *Final Reachability Matrix* (FRM).

IRM selanjutnya diperiksa transitivitasnya. Transitivitas dari hubungan kontekstual adalah asumsi awal yang dibentuk di ISM. Transitivitas dinyatakan apabila  $f_1$  berhubungan terhadap  $f_2$  dan  $f_2$  berhubungan dengan  $f_3$ , maka  $f_1$  selalu berhubungan dengan  $f_3$ . IRM yang telah diperiksa transitivitasnya disebut FRM.

**Tahap 7 :** Menentukan himpunan *reachability* (R), himpunan *antecedent* (S), dan himpunan irisan ( $R \cap S$ ).

Himpunan *reachability* (R) adalah serangkaian faktor yang sesuai dengan kolom di mana semua faktor dalam baris  $i$  dari *Final Reachability Matrix* adalah 1. Himpunan *antecedent* adalah serangkaian faktor yang sesuai dengan baris di mana semua elemen dalam kolom  $i$  dari *Final Reachability Matrix* adalah 1.

**Tahap 8 :** Membangun struktur hierarki

Susunan elemen dimulai dari level-1 yang ditempatkan di bagian atas hierarki. Elemen yang dipilih adalah elemen yang memiliki himpunan *reachability* yang sama dengan himpunan irisan ( $R = R \cap S$ ). Untuk iterasi berikutnya, elemen yang telah memasuki level-1 dihapus dari *Final Reachability Matrix* dan dilakukan proses yang sama mulai dari awal. Demikian seterusnya hingga level untuk semua faktor ditemukan.

**Tahap 9 :** Menyusun diagram kartesius MICMAC

Selain untuk menyusun Struktur Hierarki dalam Diagram, *Final Reachability Matrix* juga dapat digunakan untuk menyusun diagram kartesius MICMAC (*Matrice d'Impacts Croisé Multiplication Appliqué un Classement*). Diagram kartesius MICMAC digunakan untuk mengklasifikasikan faktor-faktor yang menjadi penyebab pembengkakan biaya proyek konstruksi ke dalam empat kelompok: *autonomous*, *dependent*, *linkage*, dan *independent*. Cluster I, *autonomous*, terdiri dari faktor-faktor dengan daya penggerak (*driving power*) dan ketergantungan (*dependence*) yang lemah. Cluster II, *dependent*, terdiri dari faktor-faktor dengan daya penggerak lemah tetapi memiliki ketergantungan yang kuat. Cluster III, *linkage*, terdiri dari faktor-faktor dengan daya penggerak dan ketergantungan yang kuat. Cluster IV, *independent*, terdiri dari faktor-faktor dengan daya penggerak yang kuat dan daya ketergantungan yang lemah.

Struktur diagram ini terdiri dari ketergantungan (sumbu X) dan daya penggerak (sumbu Y). Kekuatan ketergantungan setiap elemen dihitung dari *Final Reachability Matrix* dengan menambahkan semua angka di kolom yang sesuai. Sedangkan, kekuatan pendorong dari setiap elemen dihitung dari *Final Reachability Matrix* dengan menambahkan semua angka di baris yang sesuai. Kemudian nilai ketergantungan dan kekuatan penggerak setiap elemen menjadi posisi setiap elemen yang mengacu pada sumbu x dan y dalam diagram kartesius.

**Tahap 10** : Menghitung nilai D+R (*prominence*) dan D-R (*relation*) dari *Total-Relation Matrix (T)*

*Total-Relation Matrix (T)* selain dikonversi menjadi *Initial Reachability Matrix (K)* dalam penelitian ini akan digunakan untuk mendapatkan nilai D+R (nilai *prominence*) dan nilai D-R (nilai *relation*) yang menjadi dasar dalam analisis DEMATEL. Nilai D didapatkan melalui Persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$D = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (2.3)$$

Nilai R didapatkan melalui Persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$R = \left[ \sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (2.4)$$

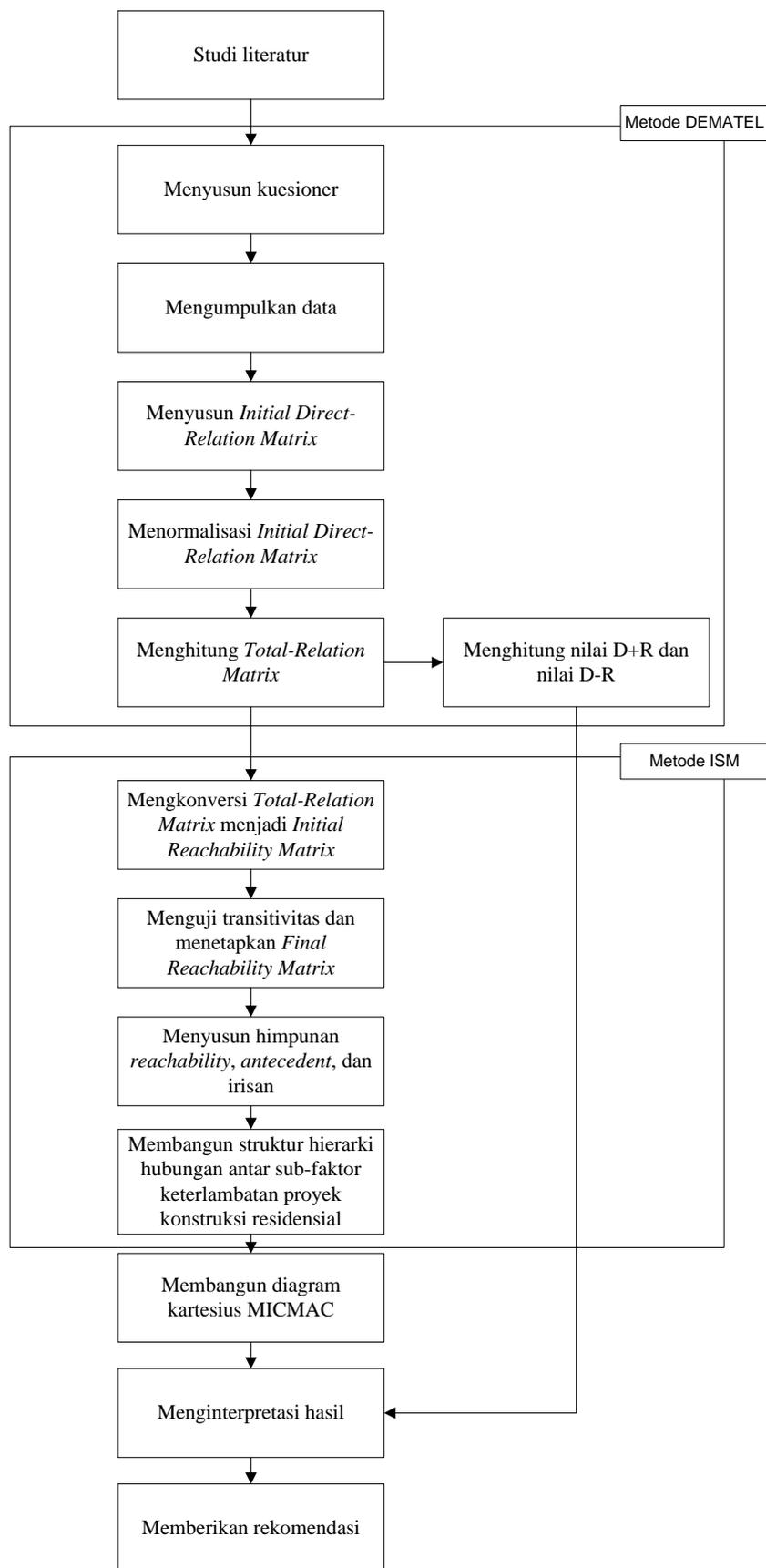
Nilai D+R dan D-R dapat digunakan untuk menilai prioritas pentingnya faktor-faktor yang dilibatkan dalam penelitian. Nilai-nilai D+R menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara satu faktor dengan faktor lainnya, sehingga semakin besar nilai D+R maka semakin dominan peran dari faktor tersebut. Nilai D-R positif menunjukkan suatu faktor mempengaruhi faktor lainnya dan dapat dikategorikan sebagai prioritas utama atau disebut *dispatcher*. Sedangkan faktor dengan nilai D-R negatif menunjukkan suatu faktor dipengaruhi oleh faktor lainnya dan dikategorikan sebagai prioritas terakhir atau disebut *receiver*.

### 3. METODE PENELITIAN

Diagram alur penelitian dapat terlihat pada Gambar 1. Studi literatur dilakukan terlebih dahulu guna mencari informasi yang dibutuhkan dalam melakukan penulisan. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari hasil dari sebuah analisa penyebab pembengkakan biaya yang sering terjadi di proyek konstruksi. Dari hasil studi literatur didapatkan lima belas faktor penyebab pembengkakan biaya yang umum terjadi di proyek konstruksi

Sebelum menjalankan metode ISM, perlu adanya *brainstorming* akan faktor – faktor apa saja yang mungkin menjadi penyebab pembengkakan biaya di proyek konstruksi. *Brainstorming* merupakan langkah awal yang paling terkenal dari semua teknik yang tersedia untuk pemecahan masalah secara kreatif (Rawlinson, 1986). *Brainstorming* bermanfaat untuk mempelajari variabilitas dalam keterkaitan antar faktor yang berada di ruang lingkup penelitian.

Setelah menetapkan faktor penelitian, disusun sebuah kuesioner perbandingan berpasangan yang melibatkan seluruh sub-faktor yang telah ditetapkan sebagai faktor penelitian. Kuesioner tersebut akan digunakan sebagai media untuk mengumpulkan data primer. Kuesioner tersebut akan dibagikan kepada delapan orang responden yang memenuhi kriteria untuk disebut sebagai ahli atau *expert*. Oleh karena itu, kriteria responden yang dipilih adalah orang yang sudah berpengalaman di bidang konstruksi bangunan dan memiliki kedudukan sebagai *project manager*. Pemilihan responden dilakukan dengan *judgement sampling* atau memilih responden berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Proses pengisian kuesioner yang dilakukan oleh responden selalu didampingi oleh peneliti sehingga menghindari misinterpretasi responden terhadap maksud dari setiap sub-faktor. Pengisian kuesioner membutuhkan lebih dari satu pertemuan antara peneliti dan responden karena perbandingan berpasangan yang diisi jumlahnya cukup banyak dan dibatasi oleh waktu yang dimiliki responden untuk mengisi kuesioner tersebut.

Hasil pengisian kuesioner tersebut akan melalui tahap pengolahan data. Tahap pertama data akan diolah dengan metode DEMATEL yang terdiri dari penyusunan *initial-direct relation matrix*, normalisasi *initial-direct relation matrix*, perhitungan *total-relation matrix*, perhitungan nilai *prominence* dan *relation*. Tahap kedua data akan diolah dengan metode ISM. Pada tahap ini data akan diolah dengan mengembangkan *structural self-interaction matrix*, penyusunan *reachability matrix*, dan mengelompokkan *reachability matrix*.

Hasil dari penelitian akan menghasilkan *directed graph* atau *diagraph* yang merupakan representasi dari struktur hierarki hubungan sub-faktor, diagram kartesius MICMAC, nilai *prominence*, dan nilai *relation* akan diinterpretasikan dan hasil interpretasinya akan disampaikan dalam narasi yang koheren. Hasil interpretasi akan menjadi dasar penyusunan rekomendasi tindakan atau strategi bagi para pelaku dalam industri konstruksi agar dapat meminimalkan atau mengantisipasi pembengkakan biaya di proyek konstruksi.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1. Gambaran Umum Penelitian**

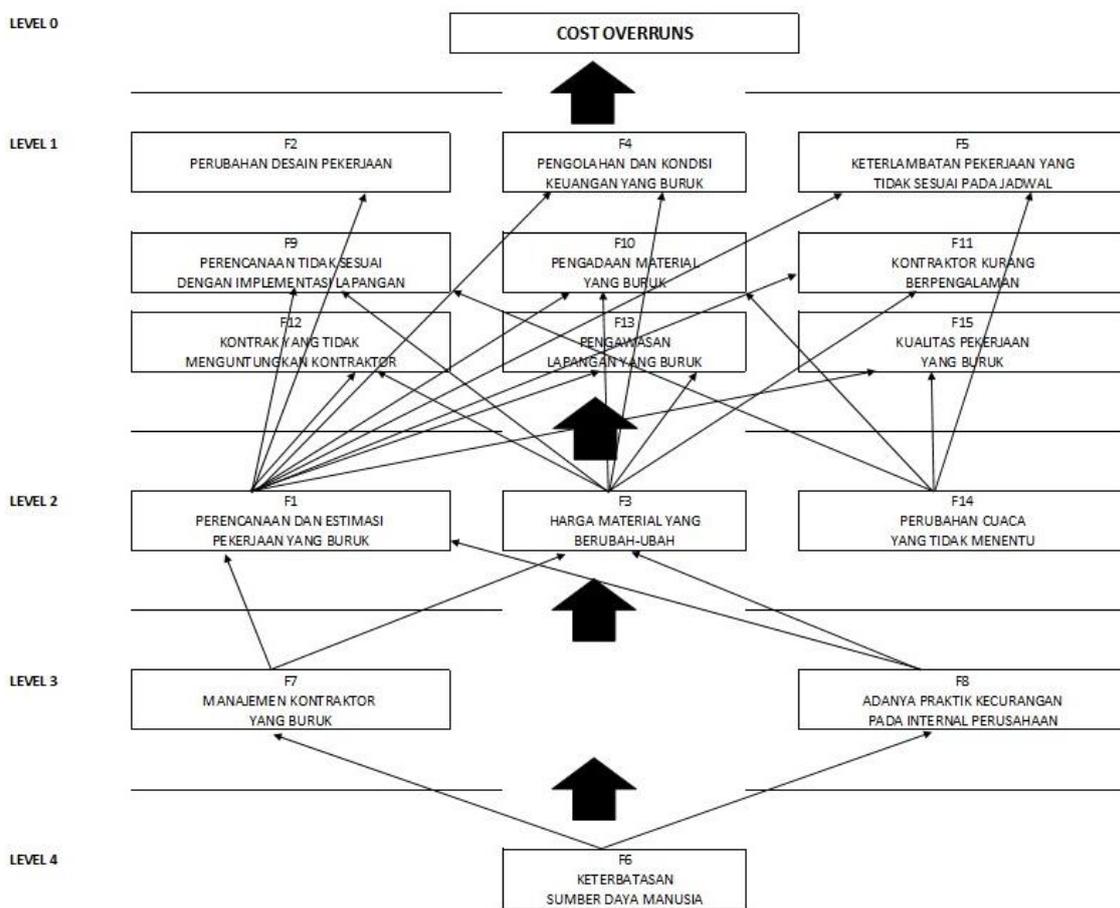
Pengumpulan data yang dilakukan dengan metode DEMATEL melibatkan delapan orang responden yang dikategorikan ahli dalam bidang konstruksi berdasarkan pengalaman terdahulu. Penentuan jumlah responden didasari oleh penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Pangestu & Ester (2022). Proyek konstruksi yang dimaksud dalam penelitian adalah proyek *high rise building* di Indonesia. Pada penelitian ini, para ahli mengisi kuesioner perbandingan berpasangan yang menyatakan hubungan antar faktor penyebab *cost overruns*. Pengumpulan data dilakukan selama 5 (lima) bulan yaitu dari bulan Februari 2022 – Juni 2022. Langkah awal pengumpulan data adalah keseluruhan responden diminta untuk mengisi kuesioner perbandingan berpasangan. Selanjutnya, pengolahan data kuesioner dilakukan dengan metode DEMATEL-ISM untuk menghasilkan model struktur hierarki yang menunjukkan hubungan antar faktor penyebab *cost overruns*.

### **4.2. Data Responden**

Pengambilan data diambil dari delapan responden yang dikategorikan ahli dalam bidang proyek *high rise building*. Responden memiliki rentang usia 34-57 tahun dengan pengalaman dalam bidang *high rise building* rata-rata selama lima belas tahun. Masing-masing responden memiliki pengalaman minimal tiga proyek *high rise building* di Indonesia. Dari delapan responden penelitian 75% responden merupakan *Project Manager*, 12,5% koordinator *Project Manager*, dan 12,5% direktur.

### 4.3. Analisa dan Pembahasan

Perhitungan iterasi dengan metode *Interpretive Structural Modeling* (ISM) dan DEMATEL memberikan hasil akhir (*output*) berupa struktur hierarki dan tingkatan setiap faktor, MICMAC Diagram, dan *Prominence Net Diagram*. Faktor-faktor yang mempengaruhi *cost overruns* pada proyek konstruksi yang digunakan sebagai variabel penelitian ini dikelompokkan dengan beberapa cara dalam ketiga *output* tersebut. Dalam struktur hierarki, terdapat lima belas faktor yang dikelompokkan menjadi empat level berbeda yang diperoleh melalui hasil iterasi dimana semakin besar level digambarkan semakin ke bawah dalam struktur mengartikan semakin tingginya *driving power*. Faktor *cost overruns* terdiri dari F1-F15 yang telah dijelaskan pada Bab 2. Gambar 2 merupakan hasil dari perhitungan metode ISM yang menunjukkan hubungan antar faktor dengan level yang berdekatan.



Gambar 2. Hubungan antar faktor dengan level tepat di atasnya dalam struktur hierarki

Pelevelan hubungan antar faktor melalui metode ISM menghasilkan beberapa *output*, yaitu struktur hierarki dan MICMAC diagram. Dalam MICMAC diagram terdapat lima belas faktor yang dikategorikan ke dalam empat faktor berdasarkan kuadran diagram. Hasil pengolahan data seluruh variabel dalam penelitian ini tersebar pada kuadran I, II, dan III. Hal ini berarti seluruh faktor memiliki tingkat *dependence* dan *driving power* yang beragam. Seluruh faktor akan digolongkan dalam dua kategori yaitu *linkage* dan *independent* berdasarkan nilai *dependence power*. Melalui MICMAC diagram dapat disimpulkan faktor-faktor mana saja

yang perlu menjadi perhatian dan dianggap sebagai akar permasalahan berdasarkan nilai *driving power* yang paling tinggi dengan hasil sama seperti struktur hierarki.

*Output* terakhir dari penelitian ini adalah berupa *Prominence Net* diagram dari metode DEMATEL yang menempatkan variabel penelitian berdasarkan nilai (D+R) dan (D-R). Dari diagram ini, faktor yang perlu menjadi perhatian adalah faktor yang memiliki kecenderungan mempengaruhi faktor-faktor lain, yaitu faktor yang memiliki nilai (D-R) positif tertinggi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor dengan nilai (D-R) positif tertinggi dan faktor paling terpengaruhnya

No.	Faktor Paling Mempengaruhi	Faktor Paling Terpengaruh	Nilai Pengaruh
1	F14	F5	0.1955
2	F6	F5	0.2495
3	F11	F5	0.2917
4	F7	F5	0.2887
5	F4	F5	0.2765

Jika dianalisis melalui hasil *Total Relation Matrix*, faktor perubahan cuaca tidak menentu (F14) memberikan dampak terbesar pada faktor keterlambatan pekerjaan yang tidak sesuai pada jadwal (F5). Tingkat pengaruh faktor perubahan cuaca terhadap keterlambatan pekerjaan yang tidak sesuai jadwal adalah sebesar 0,1955. Hal ini sesuai dengan hasil diskusi dengan para ahli yang menjadi responden pada penelitian, dimana jika cuaca di proyek tidak menentu maka akan memiliki dampak yang besar pada jadwal proyek.

Faktor dominan kedua yang memiliki tingkat pengaruh terbesar adalah faktor keterbatasan sumber daya manusia (F6). Faktor ini memiliki pengaruh paling besar pada faktor keterlambatan pekerjaan yang tidak sesuai jadwal (F5). Tingkat pengaruh terbesar ini memiliki nilai sebesar 0,2495. Hasil ini didukung oleh hasil yang diperoleh dari para ahli yang menyebutkan bahwa faktor keterbatasan manusia mempengaruhi faktor keterlambatan pekerjaan yang tidak sesuai jadwal. Pekerjaan di proyek sangat bergantung pada sumber daya manusia. Pada setiap pengerjaan fabrikasi, pekerjaan pondasi, hingga pekerjaan atap diperlukan sumber daya manusia untuk proses pekerjaannya.

Faktor ketiga yang memiliki tingkat pengaruh terbesar adalah kontraktor yang kurang berpengalaman (F11). Faktor ini memiliki tingkat pengaruh terbesar sebesar 0,2917 pada faktor keterlambatan pekerjaan yang tidak sesuai jadwal (F5). Kurangnya pengalaman yang dimiliki kontraktor dapat menyebabkan beragam masalah yang dimulai dari perencanaan biaya serta jadwal yang kurang tepat, *rework*, koordinasi yang tidak baik dan sebagainya. Hal ini akan berdampak besar pada penjadwalan proyek yang memerlukan orang-orang yang berpengalaman dalam pengerjaannya.

Dilihat pada Tabel 2, struktur hierarki dan MICMAC diagram dianalisis menggunakan metode ISM memberikan hasil faktor kunci yang sebagian besar sama meskipun struktur hierarki dibentuk dari hitungan iterasi, sedangkan MICMAC dibentuk dari nilai hasil perhitungan *driving* dan *dependence power*. Faktor-faktor yang menjadi faktor akar permasalahan dalam

hubungan antar faktor ini merupakan faktor yang perlu mendapatkan perhatian lebih karena jika terjadi kendala atau masalah, akan menimbulkan dampak pada mayoritas faktor lain yang mempengaruhi *cost overruns* proyek.

Tabel 2. Perbandingan hasil analisis faktor penyebab *cost overruns* dengan tiga metode

No.	Perbandingan Hasil		
	Struktur Hierarki	MICMAC Diagram	Relation Diagram
1	Keterbatasan Sumber Daya Manusia (F6)	Keterbatasan Sumber Daya Manusia (F6)	Perubahan Cuaca yang Tidak Menentu (F14)
2	Manajemen Kontraktor yang Buruk (F7)	Manajemen Kontraktor yang Buruk (F7)	Keterbatasan Sumber Daya Manusia (F6)
3	Adanya Praktik Kecurangan pada Internal Kontraktor (F8)	Adanya Praktik Kecurangan pada Internal Kontraktor (F8)	Kontraktor yang Kurang Berpengalaman (F11)

Dari hasil perbandingan metode *Interpretive Structural Modeling* dan DEMATEL terdapat tiga faktor yang termasuk dalam akar masalah dari kedua metode. Ketiga faktor tersebut adalah :

1. (F6) Keterbatasan Sumber Daya Manusia  
 Struktur Hierarki : Level 4  
 MICMAC Diagram kategori : *Independent* dengan nilai  
     *Driving power* : 14  
     *Dependence power* : 1  
*Prominence Net Diagram* : Nilai (D+R) : 5,854  
     Nilai (D-R) : 0,171
2. (F7) Manajemen Kontraktor yang Buruk  
 Struktur Hierarki : Level 3  
 MICMAC Diagram kategori : *Independent* dengan nilai  
     *Driving power* : 13  
     *Dependence power* : 13  
*Prominence Net Diagram* : Nilai (D+R) : 4,652  
     Nilai (D-R) : 0,526
3. (F8) Adanya Praktik Kecurangan pada Internal Kontraktor  
 Struktur Hierarki : Level 3  
 MICMAC Diagram kategori : *Independent* dengan nilai  
     *Driving power* : 13  
     *Dependence power* : 13  
*Prominence Net Diagram* : Nilai (D+R) : 5,512  
     Nilai (D-R) : 0,138

Akar masalah dalam permasalahan *cost overruns* terdiri dari tiga faktor, yaitu keterbatasan sumber daya manusia, manajemen kontraktor yang buruk, dan adanya praktik kecurangan pada internal kontraktor. Faktor manajemen kontraktor yang buruk dan adanya praktik kecurangan pada internal kontraktor merupakan faktor yang berada di dalam kontrol internal kontraktor. Dalam menyikapi akar masalah, pelaku industri konstruksi dapat berusaha mengendalikan dengan membuat manajemen dan sistem konstruksi seperti pemilihan sumber daya manusia yang tepat, perencanaan yang baik dari segi jadwal dan biaya, dan

pengelolaan manajemen yang baik yang memperhatikan dan memperhitungkan resiko-resiko yang akan terjadi.

Faktor kedua adalah manajemen kontraktor yang buruk. Hal ini sangat berpengaruh bagi kelangsungan dan kesuksesan suatu proyek. Manajemen kontraktor dapat mempengaruhi keseluruhan proyek seperti strategi penjadwalan, pengaturan pekerja, dan pengaturan keuangan dalam biaya proyek. Manajemen kontraktor yang buruk dapat terjadi karena tidak adanya susunan diagram koordinasi dan pertanggungjawaban yang jelas. Hal ini dapat diatasi dengan memperjelas hak dan kewajiban pada setiap komponen perusahaan, serta sistem pertanggungjawaban.

Faktor ketiga adalah adanya praktik kecurangan pada internal kontraktor. Bentuk kecurangan pada internal kontraktor adalah korupsi hingga monopoli yang menguntungkan kepentingan pribadi. Faktor ini berada dalam kendali internal kontraktor. Praktik kecurangan dapat dicegah dengan menggunakan sistem pembelian yang dapat dibuktikan jelas seperti adanya bukti pembayaran, memberikan gaji yang sesuai dengan keahlian, dan pembukuan yang transparan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil membuktikan bahwa terdapat hubungan antar faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya *cost overruns* pada proyek konstruksi. Hubungan antar faktor tersebut menjadi dasar dalam pembentukan model struktur hierarki dengan metode *Interpretive Structural Modeling* (ISM). Dari hasil penelitian diperoleh empat level struktur hierarki hubungan antar faktor-faktor yang dapat digunakan oleh kontraktor dan pemilik proyek sebagai *framework* untuk mengurangi risiko terjadinya *cost overruns*. Level 1 terdiri dari Perubahan Desain Pekerjaan (F2), Pengolahan dan Kondisi Keuangan yang Buruk (F4), Keterlambatan Pekerjaan yang Tidak Sesuai pada Jadwal (F5), Perencanaan Tidak Sesuai dengan Implementasi Proyek konstruksi (F9), Pengadaan Material yang Buruk (F10), Kontraktor Kurang Berpengalaman (F11), Kontrak yang Tidak Menguntungkan Kontraktor (F12), Pengawasan Proyek konstruksi yang Buruk (F13), dan Kualitas Pekerjaan yang Buruk (F15). Level 2 terdiri dari Perencanaan dan Estimasi Pekerjaan yang Buruk (F1), Harga Material yang Berubah-ubah (F3), dan Perubahan Cuaca yang Tidak Menentu (F14). Level 3 terdiri dari Manajemen Kontraktor yang Buruk (F7) dan Adanya Praktik Kecurangan pada Internal Perusahaan (F8). Level 4 terdiri dari Keterbatasan Sumber Daya Manusia (F6).

Selanjutnya dari hasil metode ISM dengan menggunakan DEMATEL diketahui bahwa terdapat 5 faktor dominan yang dapat menyebabkan terjadinya *cost overruns* berdasarkan nilai urutan D+R, yaitu keterlambatan pekerjaan yang tidak sesuai pada jadwal, perencanaan tidak sesuai dengan implementasi proyek konstruksi, kontraktor yang kurang berpengalaman, pengadaan material yang buruk, perencanaan dan estimasi pekerjaan yang buruk.

Setelah melakukan penelitian berikut merupakan beberapa saran yang dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya :

1. Penggunaan metode *Interpretive Structural Modeling* (ISM) terbatas hanya berdasarkan pendapat para ahli dimana dapat terjadi bias ketika melakukan penilaian antar sub-faktor seperti pengetahuan dan pengalaman ahli yang berbeda-beda. Disarankan untuk

melakukan validasi lebih lanjut dengan menggunakan model pengujian statistik *Structural Equation Modeling* (SEM).

2. Sebagai kelanjutan dari cara pengendalian terhadap faktor-faktor yang menjadi akar masalah dalam penelitian, disarankan untuk dilakukan penelitian lanjut terkait tingkat pengaruh dan pengendalian faktor keterbatasan sumber daya manusia terhadap *cost overruns* dan faktor-faktor lain yang menjadi akar permasalahan.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Ahbab, C., & Celik, T. (2012). "An Investigation on Delay, Cost Overrun, Quality, and Health and Safety Problems in Construction Projects." *In 10th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Ankara: Middle East Technical University.
- Ahmed, S., Hoque, M. I., Islam, M. H., & Hossain, M. (2018). "A Reality Check of Status Level of Worker Against Skilled Worker Parameters or Bangladeshi Construction Industry." *Journal of Civil Engineering and Construction*, 7(3), 132-140.
- Ameh, O.J., Soyingbe, A.A. & Odusami, K.T. (2010). "Significant Factors Causing Cost Overruns in Telecommunication Projects in Nigeria." *Journal Construction Dev. Countries*, 15, 49-67.
- Aziz, A. A. A., Memon, A. H., Rahman, I. A., & Karim, A. T. A. (2012). "Controlling Cost Overrun Factors in Construction Projects in Malaysia." *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5(8), 2621-2629.
- Barie, D.S. Paulson, Jr. B.C. & Sudinarto. (1995). *Manajemen Konstruksi Profesional*. Penerbit Erlangga.
- Barnes, M. (1988). "Construction Project Management." *International Journal of Project Management*, 6(2), 69-79.
- Bubshait, A.A, ALJuwariah, Y.A. (2002). "Factors Contributing to Construction Cost in Saudi Arabia." *Cost Engineering*; 44,5: ABI/INFORM Global pg.30.
- Creedy, G.D. (2005). "Risk Factors Leading to Cost Overrun in the Delivery of Highway Construction Project." *Proceeding of Queensland University of technology research week international conference*, 4-8 July, Brisbane, Australia.
- Durdyev, S., & Ismail, S. (2012b). "Pareto Analysis of On-Site Productivity Constraints and Improvement Techniques In Construction Industry." *Scientific Research and Essays*, 7(7), 824–833.
- Durdyev, S., Ismail, S., & Abu Bakar, N. (2012). "Factors Causing Cost Overrun in Construction of Residential Projects: Case Study of Turkey." *International Journal of Science and Management*, 1(1), 3–12.
- Elchaig, T., Boussabinaine, A., & Ballal, T. (2005). "Critical Determinants of Construction Tendering Costs: Quantity Surveyors' Standpoint." *International Journal of Project Management*, 23, 538-545.

- Elinwa, U. & Buba, S. (1993). "Construction Cost Factors in Nigeria." *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol 119, No 4. 698-714.
- El-Sayegh, S. M., Manjikian, S., Ibrahim, A., Abouelyousr, A., & Jabbour, R. (2021). "Risk Identification and Assessment in Sustainable Construction Projects in the UAE." *International Journal of Construction Management*, 21(4), 327-336.
- Enshassi, A., Al-Najjar, J., & Kumaraswamy, M. (2009). "Delays and Cost Overruns in the Construction Projects in the Gaza Strip." *Journal of Financial Management of property and Construction*.
- Enshassi, A., & Ayyash, A. (2014). "Factors Affecting Cost Contingency in the Construction Industry – Contractors' Perspective." *International Journal of Construction Management*, 14(3), 215–239.
- Durdyev, S., Ismail, S., & Abu Bakar, N. (2012). "Factors Causing Cost Overrun in Construction of Residential Projects: Case Study of Turkey." *International Journal of Science and Management*, 1(1), 3–12.
- Frimpong, Y., Oluwoye, J., & Crawford, L. (2003). "Causes of Delay and Cost Overruns in Construction of Groundwater Projects in A Developing Countries; Ghana As A Case Study." *International Journal of Project Management*, 21(5), 321-326.
- Gulo, Y.K. (2021). "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Calon Barista dengan Menggunakan Metode Dematel dan Waspas (Studi Kasus : Coffee Corner Medan)." *Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, 1(5), 210-217.
- Jackson, S. (2002). "Project Cost Overrun and Risk Management in Greenwood." *Proceedings of Association of Researches in Construction Management* 18th annual ARCOM conference, New castle, Northumber university, UK.
- Jamil, G. S., Xin Hu & Bo Xia (2016). "An Overview of the Application of Interpretive Structural Modeling (ISM) in Construction Management Research." *International Conference on Sustainable Built Environment*.
- Kaliba, C., Muya, M., & Mumba, K. (2009). "Cost Escalation and Schedule Delays in Road Construction Projects In Zambia." *International Journal of Project Management*, 27(5), 522-531.
- Kamaruddeen, A. M., Sung, C. F., & Wah, W. (2020). *A Study on Factors Causing Cost Overrun of Construction Projects in Sarawak, Malaysia*. Labour (human), 2(7), 13.
- Kaming, P. F., Olomolaiye, P. O., Holt, G. D., & Harris, F. C. (1997). "Factors Influencing Construction Time and Cost Overruns on High-Rise Projects in Indonesia." *Construction Management & Economics*, 15(1), 83-94.
- Karunakaran, P., Abdullah, A. H., Nagapan, S., Sohu, S., & Kasvar, K. K. (2018). "Categorization of Potential Project Cost Overrun Factors in Construction Industry." *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 140, No. 1, p. 012098). IOP Publishing.

- Kasimu, M. A. (2012). "Significant Factors that Causes Cost Overruns in Building Construction Project in Nigeria." *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 3(11), 775-780.
- Kenny, C. (2009). "Transport Construction, Corruption and Developing Countries." *Transport Reviews*, 29(1), 21-41.
- Le-Hoai, L., Lee, Y.D., & Lee, J. Y. (2008). "Delay and Cost Overruns in Vietnam Large Construction Projects: A Comparison with Other Selected Countries." *KSCE Journal of Civil Engineering*, 12(6), 367-377.
- Memon, A. H., Rahman, I. A., Abdullah, M. R., & Azis, A. A. A. (2014). "Factors Affecting Construction Cost Performance in Project Management Projects: Case of MARA Large Projects." *International Journal of Civil Engineering and Built Environment*, 1(1), 30-35.
- Morris, S. (1990). "Cost and Time Overruns in Public Sector Projects." *Economic and Political Weekly*, 47, 68-154.
- Olawale, Y.A. (2010). *Cost and Time Control Practice of Construction Projects in the UK: The Pursuit of Effective Management Control* (Doctoral dissertation, University of the West of England, Bristol).
- Omoriegbe A. & Radford, D. (2006). "Infrastructure Delays and Cost Escalation: Causes and Effects in Nigeria." In *Proceeding of Sixth International Post Graduate Research Conference*, 3rd, 7th April Delft University of technology and TNO, the Netherlands.
- Owolabi, J. D., Amusan, L. M., Oloke, C. O., Olusanya, O., Tunji-Olayeni, P. F., Dele, O., & Omuh, I. O. (2014). "Causes And Effect Of Delay On Project Construction Delivery Time." *International Journal of Education and Research*, 2(4), 197-208.
- Pangestu, B. & Ester, P. (2022). *Aplikasi Interpretive Structural Modeling untuk Analisis Hierarki dan Interaksi antar Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Pekerja Konstruksi*. (Unpublished master's thesis). Universitas Kristen Petra.
- Rahman, I.A., Memon, A.H., & Karim A.T.A. (2013). "Examining Factors Affecting Budget Overrun of Construction Projects Undertaken through Management Procurement Method Using PLS-SEM Approach." *Social and Behavioral Science*, 120, 120-128.
- Rawlinson, J. G. (1986). *Creative Thinking and Brainstorming*. Aldershot: Gower Publishing.
- Sharifi, M. M., & Bagherpour, M. (2016). "Optimizing Cash-Flow-At-Risk In Construction Projects: A Cost Reduction Approach." *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 60(3), 337-344.
- Shehu, Z. R., Endut, I., & Akintoye, A. (2014). "Factors Contributing to Project Time and Hence Cost Overrun in the Malaysian Construction Industry." *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 19(1), 55–75. doi:10.1108/JFMPC-04-2013-0009.
- Warfield JW (1974), "Developing Interconnected Matrices in Structural Modelling." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 4(1), 51–81.

- Warfield, J. N. (1979). "Systems Planning for Environmental Education." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(12), 816-823.
- Wu, C. H., Hsieh, T. Y., & Cheng, W. L. (2005). "Statistical Analysis of Causes for Design Change in Highway Construction on Taiwan." *International Journal of Project Management*, 23(7), 554-563.
- Zhou, D. Q., Zhang, L., & Li, H. W. (2006). "A Study of The System's Hierarchical Structure through Integration of DEMATEL and ISM." *In 2006 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, pp. 1449-1453, IEEE.
- Zwikael, O. (2009). *Critical Planning Processes in Construction Projects. Construction Innovation*